

De vorming van een meanderend rivierlandschap als gevolg van historische ontbossingen en bodemerosie: de Dijlevallei als voorbeeld.

Nils Broothaerts, Bastiaan Notebaert, Gert Verstraeten

Afdeling Geografie, KU Leuven (contact: gert.verstraeten@ees.kuleuven.be)

Trefwoorden

Overstromingsvlakte, menselijke impact, Holocene, landgebruiksveranderingen, sedimentbudget.

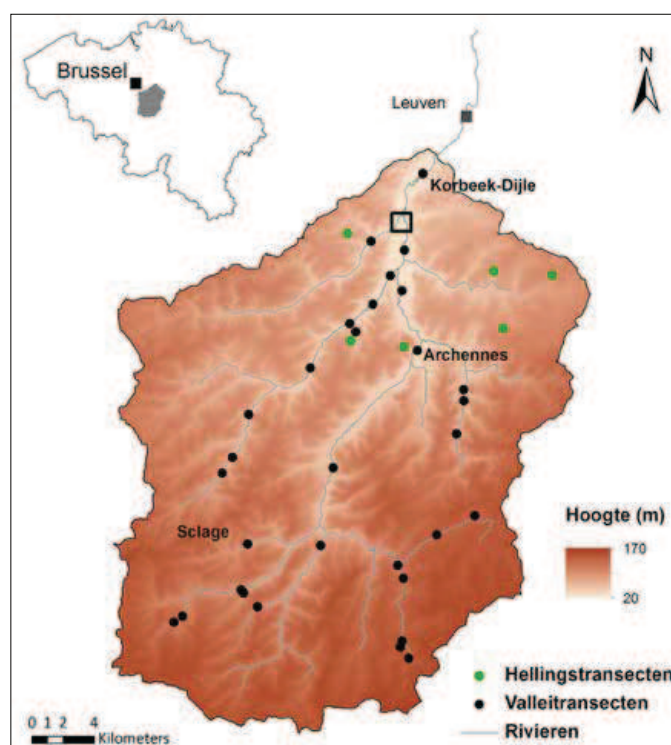
INLEIDING

In gematigde en relatief weinig reliëfrijke gebieden zoals Vlaanderen vertonen rivieren vaak een meanderend karakter. Op vele plaatsen is dit karakter echter grotendeels verdwenen door het rechte trekken van de rivier, en dus het afsnijden van meanderbochten, voornamelijk in de 19de en 20ste eeuw. Oeververstevingen, inclusief de bouw van dijken hebben de rivieren ook verder gestabiliseerd waardoor de geomorfologische activiteit grotendeels is stilgevalen. De Dijle opwaarts de samenvloeiing met de Demer in Werchter, echter, vertoont nog steeds veel dynamiek. Hier zijn op vele plaatsen de oevers van de Dijle niet verstevigd, zodat de rivier vrij kan meanderen. Op de meeste plaatsen heeft de Dijle hierdoor een natuurlijk uitzicht weten te behouden: de natuurlijke rivierprocessen van oevererosie in de buitenbocht en aanslibbing of sedimentatie in de binnenbocht hebben vrij spel. Bodemkundig, geomorfologisch en palynologisch onderzoek echter heeft ons geleerd dat het huidige uitzicht van de Dijle en van haar overstromingsvlakte toch ook niet zo natuurlijk is, maar dat dit evenzeer als een cultuurlandschap kan beschouwd worden. In dit artikel brengen we een overzicht van het recente wetenschappelijk onderzoek en reconstrueren we de transformatie van het natuurlijke Dijlelandschap naar het culturele of antropogene rivierlandschap. Daarbij proberen we een antwoord te bieden op volgende vragen: Wat zijn de eigenschappen van de huidige overstromingsvlakte? Hoe zag de natuurlijke overstromingsvlakte eruit? Hoe is die doorheen de tijd veranderd, en wat is de rol van de mens hierbij geweest? Hoe zijn de sedimentfluxen in het Dijlebekken veranderd onder invloed van landgebruiksveranderingen? Om deze vragen te beantwoorden werden velddata, pollenanalyses en modelsimulaties gecombineerd. Hierbij keken we vooral naar de veranderingen die optraden in het

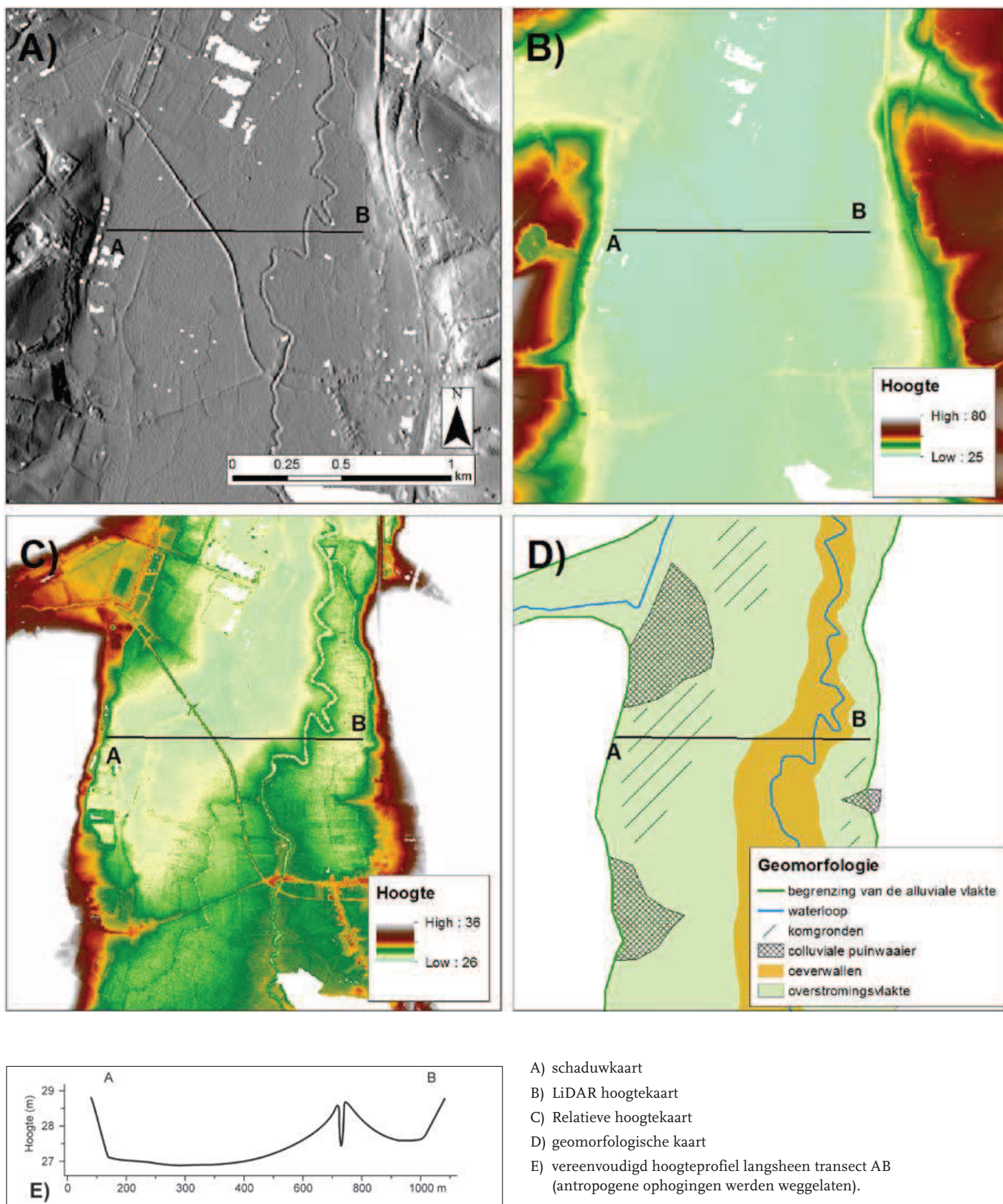
Holocene, de warmere periode (interglaciaal) die ongeveer 11 500 jaar geleden begon en waar we ons nog steeds in bevinden.

Dit artikel is een samenvatting van ruim 10 jaar intensief wetenschappelijk onderzoek in de Dijlevallei (figuur 1) door de afdeling Geografie van KU Leuven. We willen hierbij ook de koppeling maken tussen de nieuwe wetenschappelijke bevindingen enerzijds, en hoe deze in de klaspraktijk aan bod kunnen komen door expliciet te verwijzen naar enkele eindtermen voor het vak Aardrijkskunde in de derde graad anderzijds. We doen dit door te starten vanuit het huidige landschap dat wordt ontleed op basis van veldwaarnemingen en kaartmateriaal. Via de analyse van deze

Figuur 1 Kaart van het Dijlebekken stroomopwaarts van Leuven, met aanduiding van de locaties van boortransecten doorheen de vallei en van boortransecten op hellingen en plateaus. De zwarte rechte hoek geeft de locatie van Figuren 2 en 3 weer.

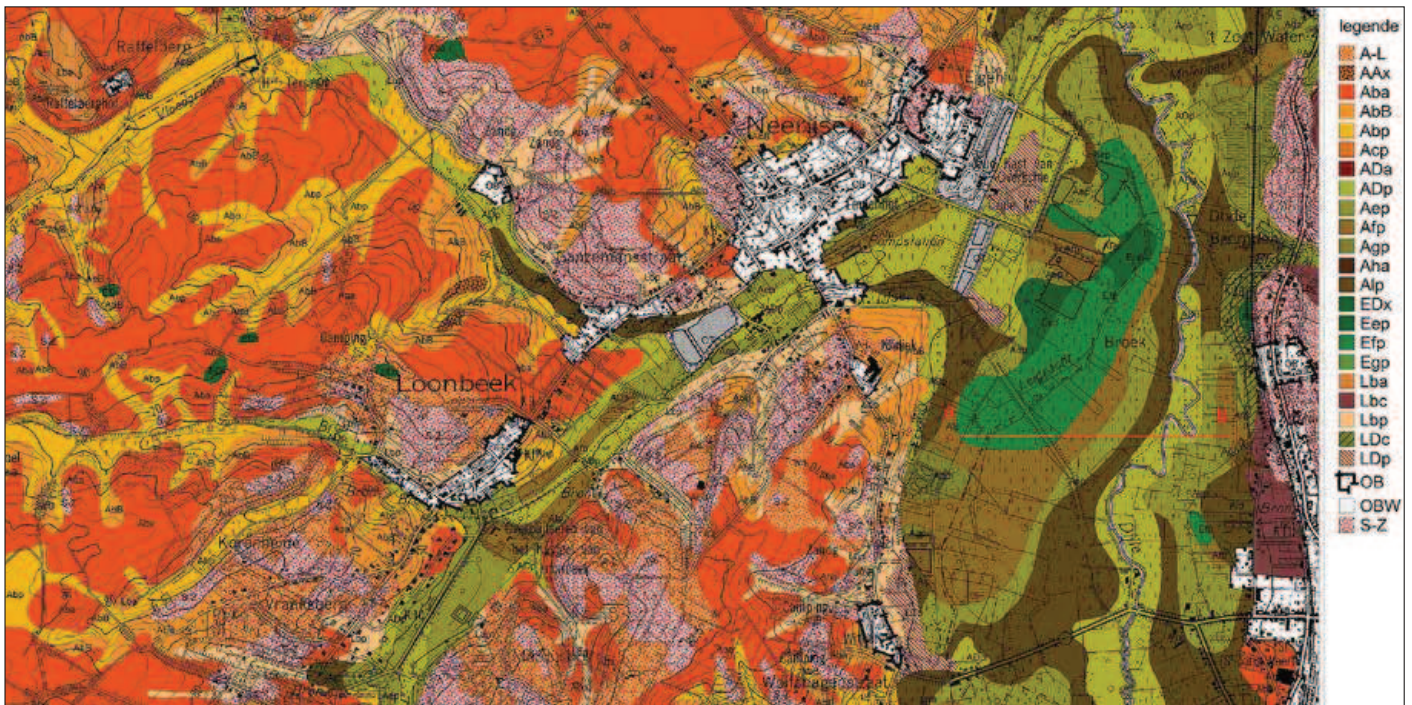


Figuur 2 LiDAR beeld van de Dijle vallei nabij Neerijse en Sint-Joris-Weert (www.geopunt.be). De grenzen van de overstromingsvlakte zijn duidelijk zichtbaar, alsook de hoger gelegen oeverwallen net naast de Dijle. Transect AB geeft de locatie van figuur 4 weer.



- A) schaduwkaart
- B) LiDAR hoogtekaart
- C) Relatieve hoogtekaart
- D) geomorfologische kaart
- E) vereenvoudigd hoogteprofiel langsheen transect AB (antropogene ophogingen werden weggelaten).

Figuur 3 Uitsnede uit de bodemkaart van België, nabij Neerijse en Sint-Joris-Weert (www.geopunt.be). Transect AB geeft de locatie van figuur 4 weer.



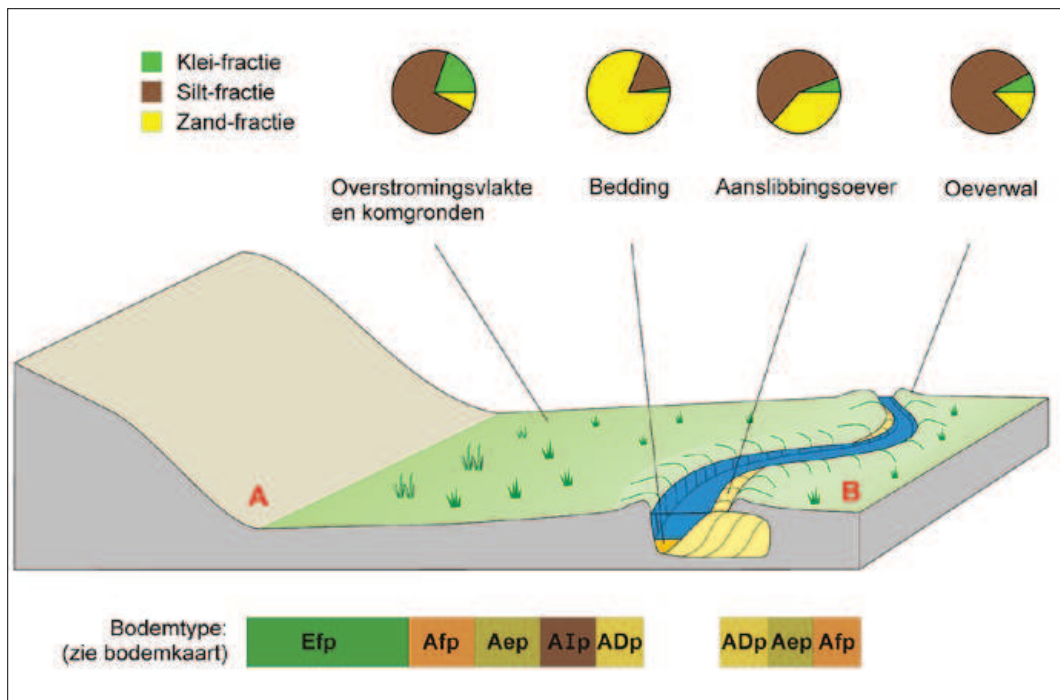
gegevens (eindtermen 24 en 25 ¹⁾) komen we tot een inzicht van hoe de verschillende elementen van het landschap aan elkaar gekoppeld zijn (eindterm 9 ²⁾) en hoe het landschap door zowel natuurlijke als menselijke processen (waterbeheersing en bodemdegradatie) tot stand is gekomen (eindterm 7 ³⁾). Tenslotte proberen we met dit artikel duidelijk te maken dat het rivierlandschap van de Dijlevallei een belangrijke erfgoedwaarde heeft als cultuurlandschap (eindtermen 14 en 30 ⁴⁾).

De overstromingsvlakte of alluviale vlakte is het gebied naast de rivier dat bij hoge waterstand geheel of gedeeltelijk onder water komt te staan wanneer er geen dijken of andere kunstwerken het overstroomd zouden beperken. In een typische alluviale vlakte kunnen een aantal morfologische eenheden teruggevonden worden die tot uiting komen in de topografie van de overstromingsvlakte, waaronder de rivierbedding, aanslibbingsoevers of point-bars, oeverwallen, overstromingsvlakte en de komgronden. Deze verschillende eenheden worden ook gekenmerkt door andere bodemeigenschappen. We verkennen deze typische onderdelen van de alluviale vlakte voor de Dijlevallei ter hoogte van Neerijse en Sint-Joris-Weert, ongeveer 10 km zuidwaarts van Leuven. De topografie van dit gebied wordt geïllustreerd op figuur 2 terwijl de bodemkaart volgens de Belgische classificatiemethode weergegeven is op figuur 3 ⁵⁾.

Door de technologische evoluties van de laatste twee decennia zijn er steeds meer topografische data beschikbaar, gaande van globale hoogtemodellen met een resolutie van enkele tientallen meter, tot meer gedetailleerde regionale

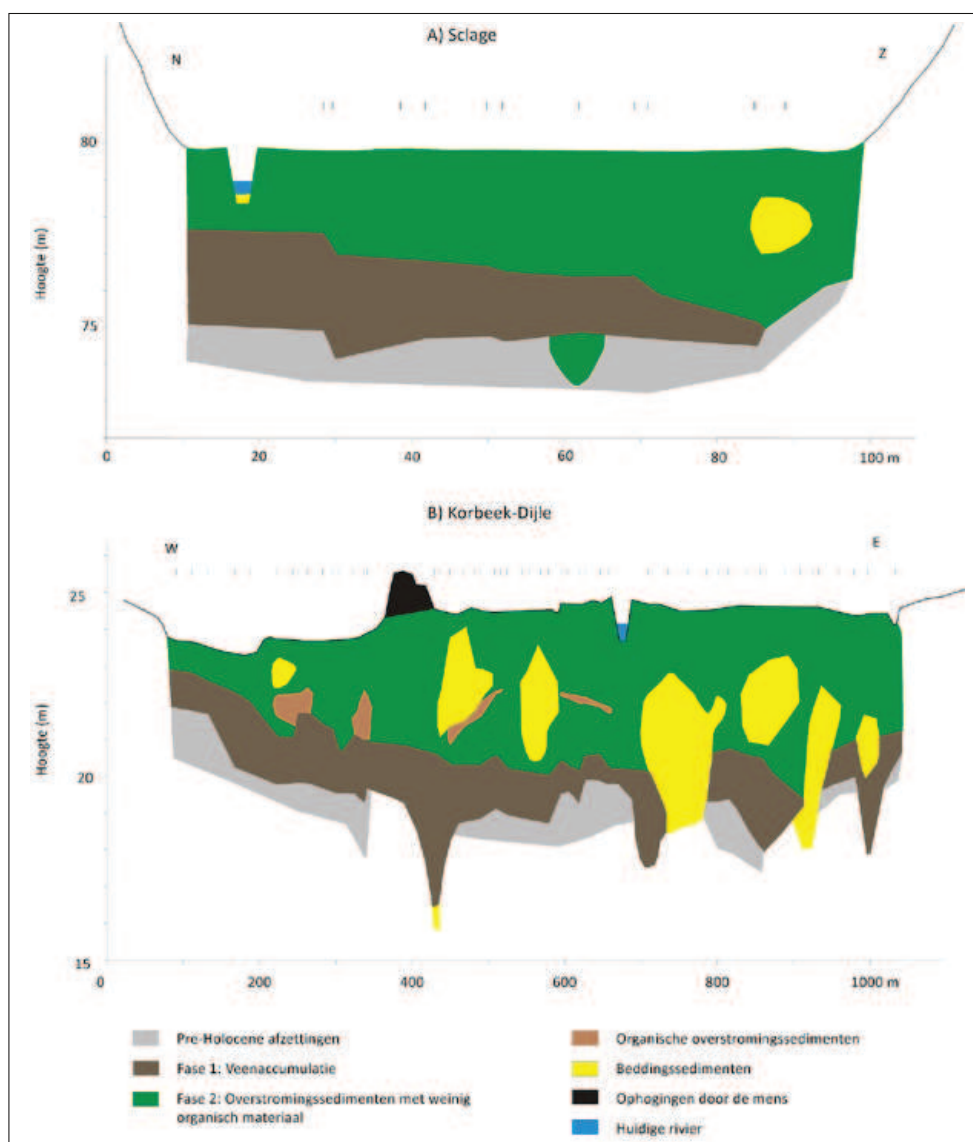
hoogtemodellen. Deze gedetailleerde hoogtemodellen zijn meestal gemaakt aan de hand van LiDaR (Light Detection and Ranging) waarbij vanuit een vliegtuig het aardoppervlak wordt afgescand met een laserstraal. Op die manier wordt een hoogtemodel gemaakt met een verticale fout van minder dan 15 cm. Voor Vlaanderen is al enkele jaren een LiDaR hoogtemodel met een resolutie van 5 meter beschikbaar, terwijl er in de loop van 2015 een nieuw hoogtemodel met een resolutie van 1 m beschikbaar komt. Door hun beperkte verticale fout en gedetailleerde resolutie zijn deze LiDaR hoogtemodellen bij uitstek geschikt om inzicht te krijgen in de topografie van (zeer) vlakke gebieden zoals riviervlaktes. De toepassing van de modellen in de alluviale vlakte van de Dijle toont goed de mogelijkheden aan tot het karteren van de verschillende landvormen (figuur 2). Centraal in de vallei kan naast de meanderende rivier een lichte verhoging worden waargenomen. Dit zijn de oeverwallen die lokaal tot 1,5 m boven de overstromingsvlakte uitsteken. Op grotere afstand van de rivier liggen de laagste zones of komgronden.

Op de bodemkaart (figuur 3) zien we dat de valleibodems grotendeels opgebouwd zijn uit leembodems (gekenmerkt door de eerste letter van de bodemserie, een hoofdletter 'A') die geen profielontwikkeling kennen (te herkennen doordat de derde letter van de bodemserie een kleine letter 'p' is). Toch zien we ook hier op heel wat plaatsen een ruimtelijke differentiatie in bodemeigenschappen in de vallei. De zones die het laagst gelegen zijn in het landschap, de komgronden, kennen hier namelijk een nog fijnere bodemtextuur: het zijn kleibodems (hoofdletter 'E': lichte klei). De oeverwallen onderscheiden zich van de rest van de vallei door een iets drogere bodemtoestand. Ze zijn vooral gekenmerkt door bodemserie 'ADp'. Dit is een zwak of matig gleyige leembodem zonder profielontwikkeling. De draine-



Figuur 4
Conceptuele weergave van de huidige toestand van de vallei met aanduiding van de morfologische eenheden (overstromingsvlakte en komgronden, oeverwallen, aanslibbingsoever en bedding) met hun typische textuurverdeling. Ook de overeenkomende bodemtypes, zoals op de bodemkaart (figuur 3), zijn weergegeven.

Figuur 5 Typische dwarssectie doorheen de overstromingsvlakte. A) Dwarssectie doorheen de vallei van de Cala (zijrivier van Dijle) nabij Sclage; B) Dwarssectie doorheen de hoofdvallei van de Dijle nabij Korbeek-Dijle (Broothaerts et al., 2013; Notebaert et al., 2011a).



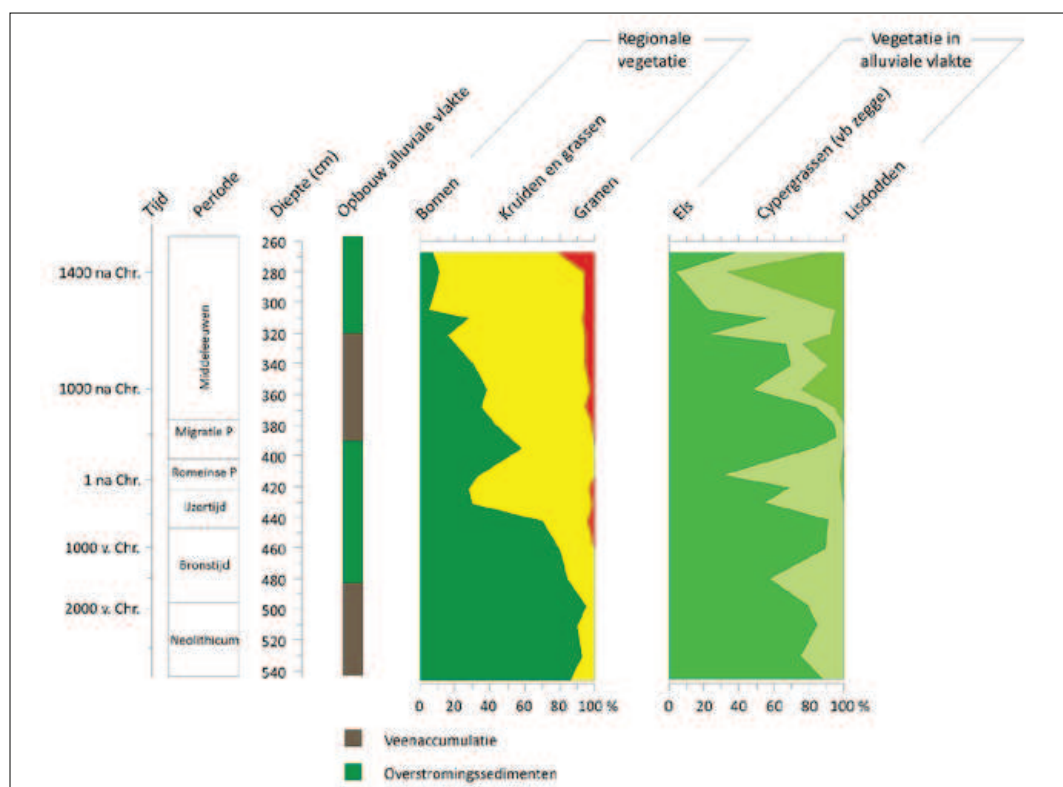
ringsklasse (tweede letter van de bodemserie) geeft dus aan dat deze bodems wisselend matig droog tot matig nat zijn. Verder van de rivier weg worden de bodems gekenmerkt door een draineringsklasse 'e' tot 'I' wat sterk tot zeer steriel gleyige gronden zijn die rusten op een tijdelijke of permanente watertafel (bijvoorbeeld ook kwel- of brongebieden).

De ruimtelijke variatie in topografie en bodemtype is dus sterk aan elkaar gekoppeld en wordt ook weerspiegeld op figuur 4. Op deze figuur staan ook korrelgrootteverdelingen van de recent door de rivier afgezette sedimenten voor de verschillende geomorfologische eenheden in de vallei. De beddingssedimenten hebben de grofste textuur, met zand als de dominerende fractie. Hoe groter de afstand tot de rivier, hoe minder belangrijk de zandfractie wordt en hoe meer de silt en kleifracie zal domineren. Aangezien de Dijle vooral silt transporteert domineren de leembodems in de vallei. Het weinige zand dat wordt vervoerd blijft voornamelijk in de bedding of wordt afgezet op de aanslibbingsoevers in de binnenbocht van de riviermeanders. Bij een overstroming wordt dichtbij de rivier meer sediment afgezet dan op grotere afstand van de rivier. Hierdoor ontstaan er oeverwallen langs de rivier. Het kleine deel zand dat bij een overstroming toch uit de bedding treedt blijft liggen op deze oeverwallen. Omdat de oeverwal hoger gelegen is dan de omringende komgronden kan deze ook makkelijker draineren of uitdrogen (draineringsklasse 'D', zie hierboven). In de lagergelegen komgronden, waar bij een overstroming gedurende een lange periode water blijft staan, kunnen ook de fijnste sedimentdeeltjes tot bezinking komen en is er dus relatief meer klei aanwezig in de afzettingen. De grondwatertafel is hier steeds nabij het oppervlakte gelegen (draineringsklasse 'e' tot 'I', zie hierboven). De ruimtelijke patronen in de overstromingsvlakte hebben dus te maken met de sortering van

het sediment bij een overstroming. De verschillende eenheden worden echter niet bij één enkele overstroming gevormd, maar zijn het resultaat van eeuwenlange processen. Om de valleiofbouw te kunnen verklaren moeten we dan ook terug in de tijd gaan.

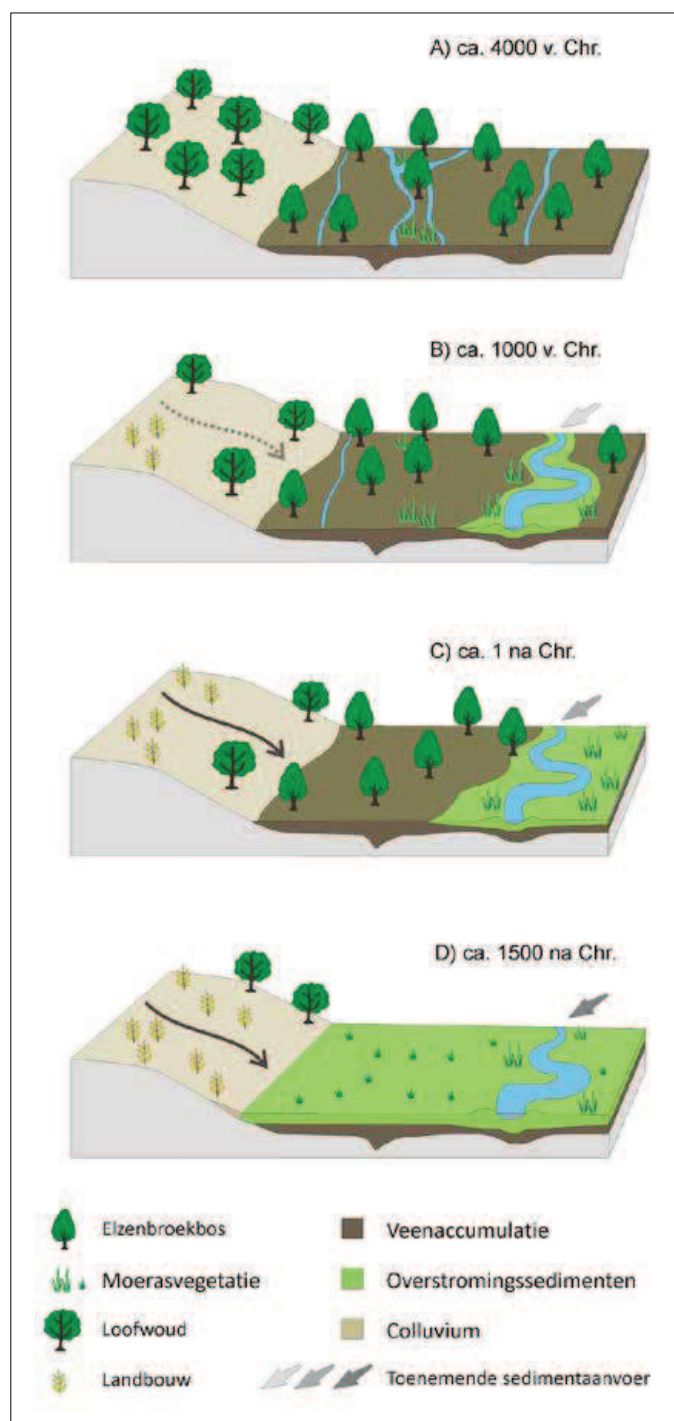
VERANDERINGEN IN OVERSTROMINGSVLAKTE TIJDENS HOLOCEEN

Om de overstromingsvlakte uit het verleden te reconstrueren, werden meer dan 350 handboringen uitgevoerd langsheen 25 transecten dwars over de vallei (figuur 1). Voor elke boring werd een veldbeschrijving van de sedimenten gemaakt, waarbij ondermeer gekeken werd naar de korrelgrootteverdeling van het sediment, de hoeveelheid en aard van organisch materiaal. Op die manier kunnen de verschillende afzettingssmilieus onderscheiden worden die in Figuur 4 zijn weergegeven. In combinatie met radiokoolstof (^{14}C) dateringen van de afzettingen kan men op die manier inzicht verkrijgen in de veranderingen van het rivier- en valleisysteem doorheen de tijd. Figuur 5 toont voor twee locaties in de Dijlevallei de resultaten van een boortranssect waarbij de typische verticale sedimentopbouw tot uiting komt. Daarnaast werden vegetatiereconstructies gemaakt op basis van pollenanalyses, waarbij fossiele pollen (of stuifmeelkorrels) die samen met de sedimenten werden afgezet worden onderzocht. Pollen die door bomen en planten worden verspreid, kunnen immers onder gunstige omstandigheden enkele duizenden jaren bewaard blijven in de overstromingssedimenten. Het onderzoek van fossiele pollen laat toe om de vroegere vegetatie in zowel de alluviale vlakte (= lokale vegetatie) en de omliggende gebieden (= regionale vegetatie) te reconstrueren. De pollenanalyses werden uitgevoerd voor 6 locaties in de Dijlevallei. Figuur 6 toont een vereenvoudigd



Figuur 6 Vereenvoudigd pollendiagram voor site Archennes; met de regionale vegetatie, lokale vegetatie in de alluviale vlakte, en de opbouw van de alluviale vlakte (Broothaerts et al., 2015).

Figuur 7 Schematische voorstelling van de overstromingsvlakte van de Dijle, A) rond 4000 v. Chr., B) rond 1000 v. Chr., C) rond 1 na Chr., en D) rond 1500 na Chr. (Broothaerts et al., 2015).



pollendiagram waarin de evolutie van de vegetatie doorheen de tijd wordt samengevat voor één site (nabij Archennes). Op basis van de sedimentboringen en de pollenanalyses kan een evolutiemodel voor de overstromingsvlaktes worden opgesteld (figuur 7).

Deze velddata tonen dat de Dijle tijdens het Pre-Holoceen een verwilde rivier was. Onder de toen heersende koude klimaatomstandigheden werden in deze verwilde rivier-vallei vooral zandige en lemige sedimenten afgezet. Deze sedimenten vinden we onderaan alle boortransecten terug (figuur 5). Vanaf het begin van het Holoceen treden er be-

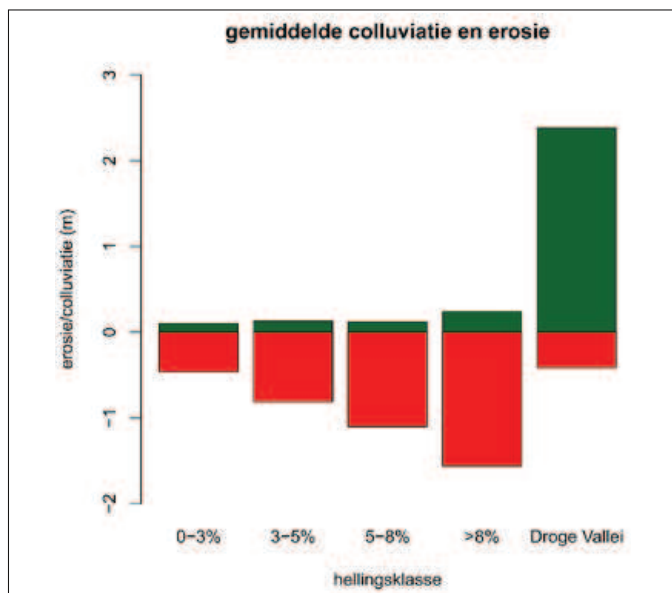
langrijke veranderingen op in het landschap. Tijdens deze warmere periode neemt de vegetatie in het landschap toe en vermindert de hoeveelheid afstromend water waardoor het debiet van de rivieren daalt. De riviervallei ziet er dan ook anders uit: De boorgegevens en de radiokoolstof dateringen tonen dat de alluviale vlakte tijdens het Mesolithicum en Neolithicum (ca. 9500 v. Chr. tot 2000 v. Chr.) bestond uit een grote moerasvlakte waarin het water via verschillende kleinere kanaaltjes diffuus stroomafwaarts zijn weg zoekt, en waarin grote waterplassen en meertjes voorkomen. In deze stabiele en moerassige overstromingsvlakte kon zich eeuwenlang een dik pakket veen opbouwen (figuur 7A), van 1 tot 3 m dik (figuur 5). Het ontbreken van (zandige) afzettingen eigen aan rivierbeddingen wijst op de afwezigheid van een duidelijke rivierbedding in deze periode (figuur 5 en 7A). Op basis van de pollenanalyses weten we dat de vallei in deze periode begroeid was met een alluviaal bos dat werd gedomineerd door els, een zogenaamd elzenbroekbos (figuur 6). In die beboste vallei komen ook open plekken voor met dieper water. Hier komen cypergrassen (Cyperaceae – bvb Zegge), grassen (Poaceae) en lisdodden (Typhaceae) voor. In deze waterplassen en meertjes kon 'gyttja' (een organisch sediment) gevormd worden (figuur 7A).

Rond 2000 v. Chr. treed er opnieuw een belangrijke verandering op: de moerasomgeving verdwijnt geleidelijk door de sedimentatie van siltrijk materiaal in de vallei. Dit gebeurt geleidelijk: in de hoofdvallei wordt eerst sediment afgezet nabij de rivier, terwijl veengroei in de komgronden en langs de randen van de vallei nog tot zeer recent kon doorgaan (figuur 7B-D). Tijdens deze fase ontstaan ook rivierbeddingen met de typische zandige beddingafzettingen, wat aantoont dat de diffuse waterafvoer wordt vervangen door een waterafvoer langsheen één hoofdkanaal (figuur 5). Deze opvullingfase resulteert in een dik pakket overstromingssedimenten in de alluviale vlakte (3 tot 8 m dik – Figuur 5). Het grootste deel van de sedimenten van deze opvullingfase werden afgezet in de laatste 1000 jaar: in deze periode nam de sedimentatiesnelheid toe tot 2 à 6 mm per jaar. De pollenanalyses (figuur 6) tonen bovendien dat ook de vegetatie in de alluviale vlakte verandert: het elzenbroekbos verdwijnt en maakt plaats voor een meer open vegetatie met grassen (Poaceae), cypergrassen (Cyperacea) en lisdodden (Typhaceae) (figuur 7B-D).

VERANDERENDE SEDIMENTDYNAMIEKEN – SEDIMENTBUDGET

Uit het voorgaande is duidelijk dat sedimentatie in de alluviale vlakte sterke veranderingen heeft gekend doorheen het Holoceen. Om meer inzicht te krijgen in die wijzigende sedimentatie en meer algemeen in de sedimentdynamiek doorheen het ganse Dijlebekken werd een sedimentbudget opgesteld. Een sedimentbudget kwantificeert zowel de bodemerosie als de verschillende afzettingsplaatsen van sediment voor een bepaalde tijdsperiode en een bepaald gebied.

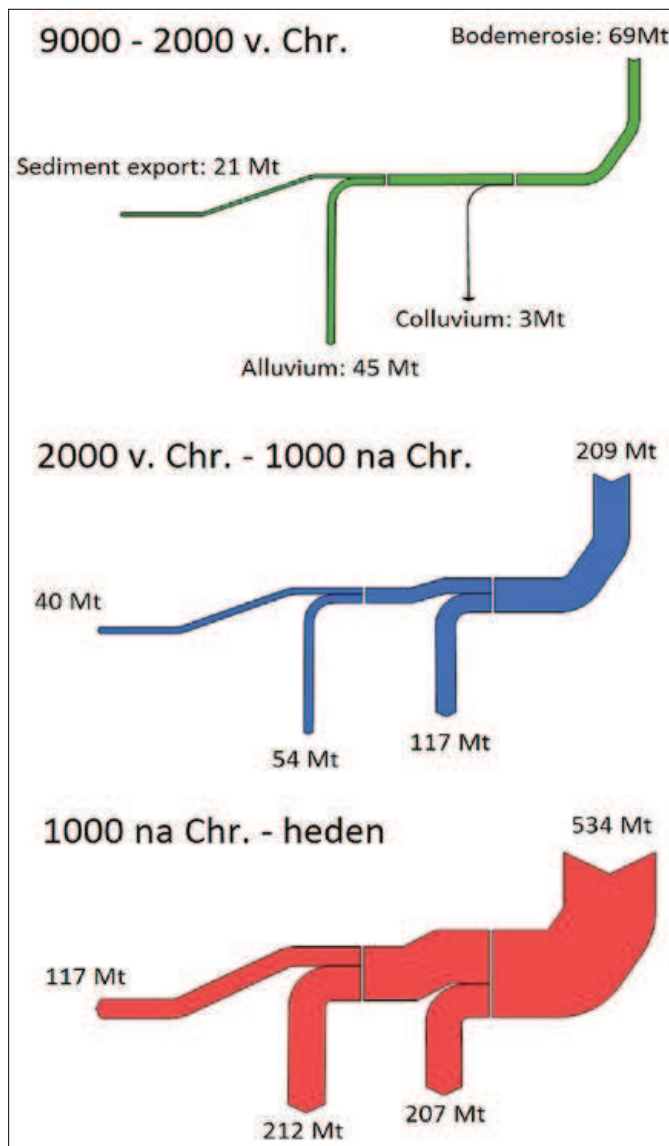
Figuur 8 Gemiddelde erosie (negatieve waarden) en colluviatie (positieve waarden) per hellingsklasse op basis van meer dan 600 boringen in het Dijlebekken voor het Holoceen (Notebaert et al., 2009b).



Een eerste stap bij het opstellen van een sedimentbudget is het begroten van de historische bodemerrosie. Hiervoor maken we gebruik van de variaties in bodemeigenschappen zoals ze bijvoorbeeld ook op de bodemkaart geobserveerd kunnen worden. Op Figuur 3 zien we dat op het plateau een weinig tot niet verstoord bodemprofiel voorkomt aangeduid met de bodemserie 'Aba'. Dit zijn droge leembodems met een textuur B horizont (= klei aanrijkingshorizont). Op de steilere en convexe hellingen zien we dat op de bodemkaart vaak andere bodemseries domineren, vaak met een meer zandige tot zandlemige textuur (bv. S-Z: niet gedifferentieerd bodemprofiel van zand tot lemig zand). Op deze plaats is de lemige bodemtoplaag zo goed als volledig weggeërodeerd en dagzomen de onderliggende Cenozoïsche zanden (bv. Formatie van Brussel). In de droge dalbodems daarentegen zien we voornamelijk 'Abp' bodemseries of droge lemige bodems zonder profielontwikkeling. Dit zijn typische colluviale bodems: omwille van de historische sedimentatie heeft zich hier nog geen bodemprofiel kunnen ontwikkelen. Deze variatie aan bodemprofielen in functie van de topografie werd gebruikt om historische bodemerrosie en colluviatie te kwantificeren. Hiervoor maakten we gebruik van een standaard bodemprofiel op vlakke locaties bovenop het plateau waar geen of weinig erosie is opgetreden.

De diepte van de verschillende bodemhorizonten in dit onverstoorde bodemprofiel kan dan vergeleken worden met de dieptes in bodemprofielen elders op de hellingen om zo te bepalen hoeveel bodemmateriaal er geërodeerd is en hoeveel bodemmateriaal er eventueel bovenop werd afgezet als colluvium. We voerden meer dan 600 boringen uit waarbij we telkens de erosie- en/of colluviumdikte konden meten. Deze data werden naar het volledige Dijlebekken geëxtra-

Figuur 9 Sedimentbudget voor het Dijle bekken tijdens drie verschillende periodes in het Holoceen. De hoeveelheid sediment wordt weergegeven per volledige tijdsperiode (in Mt (megaton), of 10^{12} g). Merk op dat de tijdsperiodes verschillende lengtes hebben.

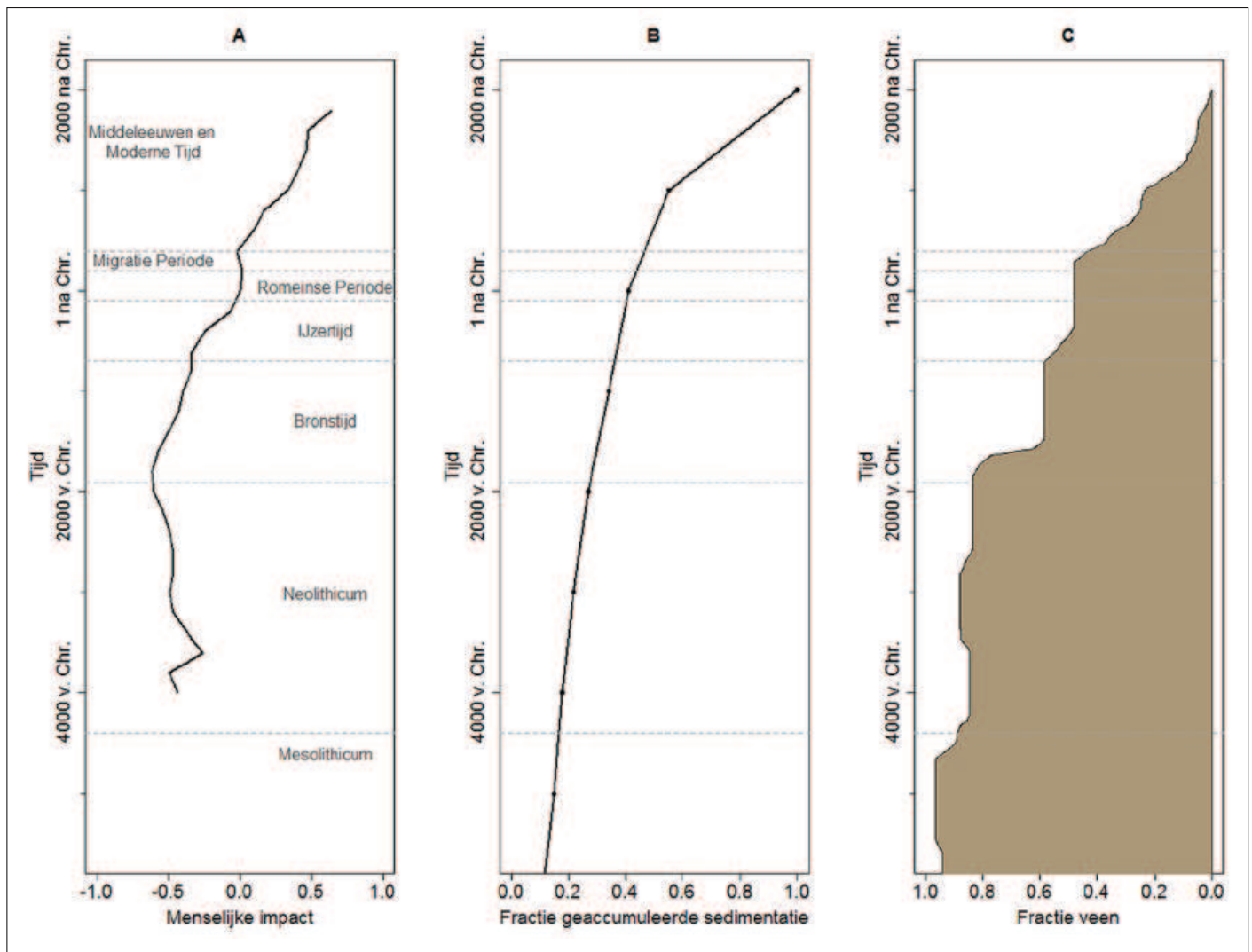


poleerd via gemiddelde erosie- en colluviatiewaarden voor verschillende hellingsklassen (figuur 8). Op hellingen steiler dan 8% is er gemiddeld 1,5 m bodemmateriaal door erosie verdwenen en lokaal neemt dit zelfs toe tot meer dan 2 meter. In droge dalen daarentegen, stellen we vast dat de Holocene bodem gemiddeld met 2,3 m colluvium is bedekt, met lokale uitschieters tot meer dan 5 meter.

De tweede stap voor het opstellen van het sedimentbudget is het begroten van de totale sedimentopslag in de overstromingsvlakte. Hiervoor werd de gemiddelde sedimentdikte, die uit elke dwarsdoorsneden kan afgeleid worden (zie Figuur 5), vermenigvuldigd met de totale oppervlakte van de vallei. De totale hoeveelheid sediment die met de rivier het bekken verlaat kan tenslotte begroot worden door de totale erosie te verminderen met de hoeveelheid colluvium en alluvium. Aan de hand van radiokoolstof dateringen kan het sedimentbudget ingedeeld worden in drie tijdsperiodes (figuur 9). Het sedimentbudget toont op die manier hoe de

Figuur 10

- A) Evolutie van menselijke impact in het Dijlebekken (gebaseerd op de pollenanalyse, zie Figuur 6). Lage (negatieve) scores tonen lage menselijke impact, hoge scores tonen hoge menselijke impact
- B) Fractie geaccumuleerde Holocene sedimentatie in de overstromingsvlakte in het hele Dijlebekken
- C) Fractie van de alluviale vlakte onder actieve veengroei in het Dijle bekken (Broothaerts et al., 2015).



totale bodemerrosie toeneemt doorheen het Holocene, en hoe de sedimentatie verhoogd tijdens de tweede periode en piekt tijdens de meest recente periode.

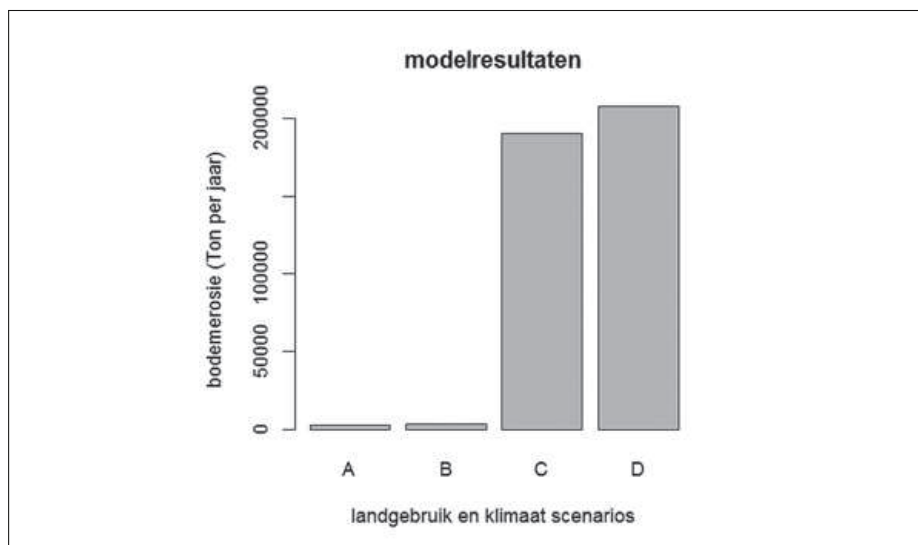
Het toont dus hoe de sedimentdynamiek in het bekken verandert doorheen het Holocene. Bovendien toont zo'n budget ook aan hoe het belang van de verschillende types afzettingen over de tijd onderling variëren. Dit toont aan dat de variatie in sedimentatiesnelheid van één van deze types afzettingen (zoals colluvium) niet noodzakelijk representatief is voor de erosiesnelheid.

Over het ganse Holocene beschouwd stellen we vast dat 40% van het geërodeerde bodemmateriaal nog steeds op de hellingen ligt onder de vorm van colluvium, terwijl nog eens 38% in de overstromingsvlaktes ligt opgeslagen. Slechts 22% werd uiteindelijk door de Dijle afgevoerd richting Leuven. Deze cijfers tonen aan dat een rivierbekken als een belangrijke buffer werkt.

KOPPELING MET TOENEMENDE MENSELIJKE IMPACT

Om na te gaan wat de rol is geweest van menselijke activiteiten bij de hierboven beschreven veranderingen in de overstromingsvlakte en in de sedimentdynamiek, zijn goede reconstructies van menselijke impact in het verleden nodig. De pollenanalyses zoals voorgesteld in figuur 6 zijn hiervoor uitermate geschikt. Daaruit is duidelijk dat tijdens het Neolithicum (ca. 5000 tot 2000 v. Chr.) menselijke impact afwezig was of beperkt tot lokale verstoringen en kleinschalige ontginningen. Het Dijlebekken werd bedekt door een loofwoud, gedomineerd door eik, hazelaar en linde, wat geïnterpreteerd wordt als de natuurlijke vegetatie van het bekken. Vanaf ca. 2000 v. Chr. (begin van de Bronstijd) is er een duidelijke verandering in de vegetatie waarneembaar in de pollendata: het percentage boompollen neemt af, en ondermeer pollen van grassen, kruiden en granen nemen toe (figuur 6). Deze vegetatieverandering

Figuur 11 Resultaten van het erosiemodel. De twee linkse figuren (A en B) geven het verschil in bodemerosie weer voor de periode zonder menselijke impact, terwijl de twee rechtse figuren (C en D) de bodemerosie toont voor het landgebruik in het jaar 2000. Telkens werden twee klimaatscenario's doorgerekend: A en C voor het klimaat in het Midden-Holoceen (~7000 jaar geleden), B en D het huidige klimaat.



kan grotendeels toegeschreven worden aan menselijke activiteiten in het landschap: het bos wordt gekapt en de landbouw doet zijn intrede.

Hoewel de pollenanalyses duidelijk de invloed van de mens op de vegetatie laten zien, is het moeilijk om op een pollendiagram de intensiteit van de menselijke impact op een objectieve wijze af te lezen. Immers, een pollendiagram toont de evolutie van verschillende plantensoorten tegelijk. Meer en meer wordt nu gebruik gemaakt van geavanceerde statistische methodes (in dit geval multivariate statistiek) om alle informatie van de pollendata samen te brengen in één enkele kwantitatieve scoringsmaat. Deze score toont de evolutie van menselijke impact doorheen de tijd (figuur 10A). Lage (negatieve) scores tonen lage menselijke impact, hoge scores tonen hoge menselijke impact. Deze score kan vervolgens vergeleken worden met de veranderingen in de overstromingsvlakte (figuur 10B en C) om zo meer inzicht te krijgen in de rol van menselijke impact voor deze veranderingen (figuur 10A). Deze geïntegreerde aanpak toont dat gedurende het Neolithicum menselijke impact in het Dijlebekken afwezig of zeer beperkt was en de overstromingsvlakte bestond uit een sterk begroeide moerasomgeving waar veen accumuleerde (figuur 7A). Dit wordt dan ook beschouwd als de natuurlijke toestand van de overstromingsvlakte in het Dijlebekken. De toename in menselijke impact vanaf ca. 2000 v. Chr. (begin Bronstijd) veroorzaakte een toename in bodemerosie en sedimentatie in de alluviale vlakte, waardoor de moerasomgeving verdween (figuur 7B en Figuur 10). Tegelijk wijzigt ook de vegetatie in de alluviale vlakte: het elzenbroekbos verdwijnt en maakt plaats voor een meer open vegetatie met o.a. grassen en cypergrassen (zoals zegge) (figuur 6). De menselijke impact neemt verder toe tijdens de IJzertijd en de Romeinse Periode, doch neemt onmiddellijk na de

Romeinse Periode opmerkelijk af tijdens de Migratie Periode (figuur 10A). Door de afnemende menselijke impact tijdens deze periode neemt ook de sedimentatie in de alluviale vlakte af en komt het elzenbroekbos weer tot ontwikkeling (figuur 6). Op sommige plaatsen in het bekken resulteert dit in vorming van een veenlaagje (figuur 5B en 6). Tijdens de Middeleeuwen zien we echter een versnelde toename in menselijke impact met een sterk verhoging van de sedimentatie in de alluviale vlakte tot gevolg (figuur 10A en 10B). Meteen verandert de alluviale vlakte naar een vallei met open vegetatie en een meanderende rivier met een enkelvoudige bedding, zonder veengroei in de vallei (figuur 7D en Figuur 10C). Door de toenemende menselijke impact in het bekken, en de daardoor veroorzaakte toename in sedimentatie in de overstromingsvlakte verandert deze overstromingsvlakte dus naar de vallei zoals we die vandaag kennen. De huidige alluviale vlakte is dus onrechtstreeks het resultaat van eeuwenlange menselijke activiteiten in het landschap.

De rol van de mens in het wijzigen van het rivierlandschap door intense bodemerosie en valleisedimentatie kan ook aangetoond worden via de toepassing van een erosiemodel. Om het relatief belang van ontbossingen door de mens en klimaatvariaties beter te begrijpen werd dit model toegepast voor vier verschillende scenario's. Enerzijds werd het huidige landgebruik in het model gebruikt samen met het huidige klimaat en met het klimaat van het midden-Holoceen. Anderzijds werden beide klimaatscenario's gebruikt samen met het natuurlijke (beboste) landschap van ruim 7000 jaar geleden. De modelresultaten in figuur 11 tonen dat klimaatveranderingen in de laatste 7000 jaar zorgden voor een toename van slechts 9% in bodemerosie, terwijl het landgebruik verantwoordelijk is voor een toename van bijna 6000%.

BESLUIT

De Dijle ten zuiden van Leuven is één van de weinige rivieren in Vlaanderen en Nederland die nog vrij kan meanderen en die vaak als voorbeeld gesteld wordt van een natuurlijk valleisysteem. Op basis van de analyse van bodems en sedimenten, alsook van de pollen die bewaard zijn in de overstromingssedimenten, is echter gebleken dat dit rivierlandschap ook als een cultuurlandschap moet beschouwd worden. Vanaf de intrede van de landbouw treedt er verhoogde bodemerrosie op die niet alleen zichtbaar is in de verstoorte bodemprofielen op de hellingen, maar ook in de ecologische en morfologische veranderingen in de rivervalleien.

NOTEN

- ¹ Eindterm 24: De leerlingen kunnen vereenvoudigde geologische kaarten en bodemkaarten lezen; Eindterm 25: De leerlingen kunnen een landschap analyseren, de elementen ordenen tot een structuur en hieruit de eigenheid van het landschap bepalen.
- ² Eindterm 9: De leerlingen kunnen eenvoudige reliëfvormen op een samenhangende manier in verband brengen met lithologische kenmerken, geologische structuren en geomorfologische processen.
- ³ Eindterm 7: De leerlingen kunnen de invloed van menselijke activiteiten op het milieu zoals: broeikaseffect, natuurrampen, zure regen, waterbeheersing, bodemdegradatie en -verbetering met voorbeelden illustreren.
- ⁴ Eindterm 14: De leerlingen kunnen met voorbeelden de erfgoed- of natuurwaarde van landschapselementen uit het verleden omschrijven en hun huidig belang duiden. Eindterm 30: De leerlingen hebben aandacht voor de waarde van natuurlijke en culturele landschappen.
- ⁵ De hoogtemodellen en bodemkaarten zijn ook online raadpleegbaar via Geopunt, de centrale toegangspoort tot geografische overheidsinformatie van de Vlaamse Overheid: www.geopunt.be

REFERENTIES

- Broothaerts, N., Notebaert, B., Verstraeten, G., Kasse, C., Bohncke, S., Vandenberghe, J., 2014a. Non-uniform and diachronous Holocene floodplain evolution: a case study from the Dijle catchment, Belgium. *Journal of Quaternary Science*, 29(4), 351-360.
- Broothaerts, N., Verstraeten, G., Kasse, C., Bohncke, S., Notebaert, B., Vandenberghe, J., 2014b. Reconstruction and semi-quantification of human impact in the Dijle catchment, central Belgium: a palynological and statistical approach. *Quaternary Science Reviews*, 102, 96-110.
- Broothaerts, N., Verstraeten, G., Kasse, C., Bohncke, S., Notebaert, B., Vandenberghe, J., 2015. From natural to human-dominated floodplain geoecology – a Holocene perspective for the Dijle catchment. *Anthropocene*.
- Broothaerts, N., Verstraeten, G., Notebaert, B., Assendelft, R., Kasse, C., Bohncke, S., Vandenberghe, J., 2013. Sensitivity of floodplain geoecology to human impact: A Holocene perspective for the headwaters of the Dijle catchment, central Belgium. *The Holocene*, 23(10), 1403-1414.
- Degryse, P., Ervynck, A., Linseele, V., Vandenabeele, P., Verstraeten, G., 2015. *Natuurwetenschappen en archeologie. Methode en interpretatie*, 2^{de} editie, Acco, Leuven, p. 1-312.
- Notebaert, B., Houbrechts, G., Verstraeten, G., Broothaerts, N., Haecx, J., Reynders, M., Govers, G., Petit, F., Poesen, J., 2011a. Fluvial architecture of Belgian river systems in contrasting environments: implications for reconstructing the sedimentation history. *Neth J Geosci*, 90(1), 31-50.
- Notebaert, B., Verstraeten, G., Govers, G., Poesen, J., 2009a. Qualitative and quantitative applications of LiDAR imagery in fluvial geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(2), 217-231.
- Notebaert, B., Verstraeten, G., Rommens, T., Vanmontfort, B., Govers, G., Poesen, J., 2009b. Establishing a Holocene sediment budget for the river Dijle. *Catena*, 77(2), 150-163.
- Notebaert, B., Verstraeten, G., Ward, P., Renssen, H., Van Rompaey, A., 2011b. Modeling the sensitivity of sediment and water runoff dynamics to Holocene climate and land use changes at the catchment scale. *Geomorphology*, 126(1-2), 18-31.
- Rommens, T., Verstraeten, G., Bogman, P., Peeters, I., Poesen, J., Govers, G., Van Rompaey, A., Lang, A., 2006. Holocene alluvial sediment storage in a small river catchment in the loess area of central Belgium. *Geomorphology*, 77(1-2), 187-201.
- Rommens, T., Verstraeten, G., Peeters, I., Poesen, J., Govers, G., Van Rompaey, A., Mauz, B., Packman, S., Lang, A., 2007. Reconstruction of late-Holocene slope and dry valley sediment dynamics in a Belgian loess environment. *Holocene*, 17(6), 777-788.
- Rommens, T., Verstraeten, G., Poesen, J., Govers, G., Van Rompaey, A., Peeters, I., Lang, A., 2005. Soil erosion and sediment deposition in the Belgian loess belt during the Holocene: establishing a sediment budget for a small agricultural catchment. *Holocene*, 15(7), 1032-1043.
- Verstraeten, G., Rommens, T., Peeters, I., Poesen, J., Govers, G., Lang, A., 2009. A temporarily changing Holocene sediment budget for a loess-covered catchment (central Belgium). *Geomorphology*, 108(1-2), 24-34.

